

热带次生林、旱稻种植地和火烧迹地土壤节肢动物群落结构特征及季节变化

杨效东

(中国科学院西双版纳热带植物园, 昆明 650223)

摘要: 通过模拟刀耕火种过程, 对刀耕火种前后的次生林、旱稻地(第2年)和火烧迹地(火烧后直接撂荒地第2年)土壤节肢动物群落结构特征及季节变化进行了调查研究。结果显示: 3块样地土壤节肢动物群落的优势类群组成相同, 均为蜱螨目、膜翅目和弹尾目, 但不同生境样地中各优势类群所占群落总数的比例不同, 并且3样地常见和稀有类群的组成差异较大; 土壤节肢动物类群数、个体数和 DG 多样性指数表现为次生林高于其它2块样地, 而旱稻地和火烧迹地则无较大差异, 但一些类群在旱稻地、火烧迹地的数量分布与次生林具有差异, 且在土壤层的表现较为突出; 3块样地土壤节肢动物群落具有较好相似性, 其中旱稻地与火烧迹地达到极相似水平($D_s > 0.9$)。3种不同类型生境土壤节肢动物群落在类群数、个体数和多样性指数的季节变化总体呈现出雨量少的干季或雨季初末期高于雨量最大的雨季中期, 与当地降雨量和气温变化有密切关系, 同时各样地土壤节肢动物群落因生境条件不同及人为活动干扰强弱而形成各自的季节消长特点。研究表明刀耕火种后的旱稻种植对土壤节肢动物群落的恢复和发展在一定限制条件(面积、周围次生林和坡度)下无破坏性影响, 但植被改变、农事活动等对直接撂荒地和旱稻地土壤节肢动物群落的季节消长产生不同程度的影响。

关键词: 次生林; 旱稻种植地; 火烧迹地; 土壤节肢动物; 群落结构特征; 季节变化

Comparison of the communities structure and seasonal changes in diversity of soil arthropod in tropical secondary forest, dry-rice land and fired remains

YANG Xiao-Dong (Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223, China). Acta Ecologica Sinica, 2003, 23(5): 883~891

Abstract The communities structure and seasonal change in diversity of soil arthropod communities in secondary forest, dry-rice land and fired remains after simulative process of slash-and-burn in Xishuangbanna were studied. The results showed that Acari, Hymenoptera (ant) and Collembola were dominant groups of soil arthropods across the study site, but its individuals proportion of total in different plot were different. Meanwhile there were great difference on common and rare groups composition of soil arthropods in three

基金项目: 云南省自然科学基金资助项目(1999C0021Q); 国家自然科学基金(30000131)资助项目

收稿日期: 2001-12-29; **修订日期:** 2002-09-10

作者简介: 杨效东(1968~), 男, 云南昆明人, 博士, 副研究员, 主要从事土壤动物和土壤动物生态学研究。E-mail: Yangxd@xtbg.ac.cn

本项研究野外工作得到中国科学院西双版纳热带雨林生态系统定位研究站的大力支持, 在此谨表谢意。

Foundation item: Yunnan Provincial Natural Science Foundation (No. 1999C9921Q) and National Natural Science Foundation of China (No. 30000131)

Received date: 2001-12-29; **Accepted date:** 2002-09-10

Biography: YANG Xiao-Dong, Ph.D. Associate professor, mainly engaged in soil fauna and soil ecology. E-mail: yangxd@xtbg.ac.cn

plots We found higher taxonomic groups (number of order), individuals and DG diversity index of soil arthropod communities in secondary forest as compared to the dry-rice land and the fired remains But there were no significant difference on groups, individuals and DG diversity index of soil arthropods between the dry-rice land and the fired remains The individuals distribution of some taxonomic groups in three plots also were not statistical difference and there were a high groups similarity of soil arthropod communities in three plots There were significant difference of dry and rainy on the seasonal change of groups, individuals and DG diversity index of soil arthropod communities in three plots The character of seasonal change had correlated with variation of average air temperature and rainfall in this area The groups, individuals and DG diversity index of soil arthropod communities were higher in dry season (high temperature) and early or late of rainy season (high temperature and a litter precipitation) than those in metaphase of rainy season or fog season (low temperature and litter precipitation). At same time, the seasonal change of soil arthropod communities in different plots were also influenced by habitat condition and human activity. The study showed that cultivation dry rice in slash-and-burn land had less side effect on restore of soil arthropod communities, but there were some different degree effects on the seasonal change of soil arthropod communities because of vegetation change and farming activity in different fired remains and dry-rice land

Key words: tropical secondary forest; dry-rice land; fired remains; soil arthropod communities; structure and diversity; seasonal change

文章编号: 1000-0933(2003)05-0883-09 中图分类号: Q958, S154.5 文献标识码: A

热带雨林的破坏是严重的全球性问题。位于热带北缘的我国西双版纳地区, 由于传统的农业方式(刀耕火种)、人口增加等诸多因素, 使得有限的热带雨林面积不断减少, 森林覆盖率由20世纪50年代的60%减少至90年代初的27%左右, 即使在现存的森林植被中, 也有相当面积的森林处于退化及贫化过程中^[1]。在热带森林遭到破坏(主要是砍伐、火烧、短期耕种丢荒)之后, 取而代之的是大面积的旱稻地、撂荒地和不同演替阶段的各种次生林植被, 如何改造、管理和合理利用裸地、次生植被, 加快热带雨林恢复速度, 已成为森林生态学研究的重要问题^[1]。土壤节肢动物是热带森林土壤生物生物量和牧食物链的重要组成部分, 在森林演替进程具有重要的功能性作用^[2~7], 而这些功能性作用又与生境中土壤动物群落结构特征和消长动态密切相关, 受森林演替过程中植被类型和土壤条件变化的影响^[8~10]。旱稻种植系统是西双版纳地区刀耕火种轮歇农业生产方式中的一种子耕种系统, 是该地区热带森林经刀耕火种后演替发展的最初期阶段, 其中的土壤节肢动物群落不仅对种植生境土壤理化性质变化具有重要的影响, 并且也是后期森林土壤节肢动物群落发展和次生演替的基础(移居者), 将其与刀耕火种前的次生林和火烧后直接撂荒地土壤节肢动物群落的发展进行比较, 探讨刀耕火种轮歇农业对热带森林土壤节肢动物群落演替的影响是本文报道的内容, 所获结果为研究刀耕火种轮歇农业对森林土壤生态系统及热带雨林生物多样性的影响积累相关资料, 而有关研究尚未见报道。

1 材料和方法

1.1 样地生境概况

研究地点位于西双版纳傣族自治州勐腊县勐仑镇, 地理位置为21°54'S, 101°46'E, 属西南热带季风气候, 海拔760m左右, 年均温度21.4~22.6℃, 年降雨量1556.8mm, 且多集中于雨季, 形成明显的干湿季之分, 雨季约占年降雨量的83%, 干季仅占17%, 如考虑温度的变化, 全年可分为干热季、雨季和雾凉季。地带性植被为热带季节雨林和季雨林。研究样地选择在勐仑镇附近的哈尼族聚集区, 该地区原生林20世纪60年代被砍伐, 现成为轮歇耕种地, 主要作物为旱谷和玉米。本项研究选取了一片在1992年经过刀耕火种撂荒后自然更新的次生林作为实验样地, 该林地主要组成树种为湄公栲(*Castanopsis mekongensis*)、银木荷(*Schima argentea*)、岗桉(*Eurya groffii*)、滇银柴(*Aporosa yunnanensis*)、中平树(*Macaranga denticulata*)、

盐肤木 (*Rhus chinensis*) 等, 群落高约7m, 盖度90% 左右。1998年4月(干热季) 按当地刀耕火种耕作方式, 对一定面积(1500 m²) 次生林进行放火烧荒, 随后在火烧地划出2块样地, 其中一块进行旱稻种植(600m²), 种植期2a, 另一块烧后直接撂荒(600m²) 让其自然演替。取样调查在次生林(Tsf)、旱稻种植地(Drl) 和直接撂荒的火烧迹地(Fl) 开展。

1.2 研究方法

1999年4(干热季)、6(雨季初期)、8(雨季中期)、10雨季末期)、12月(雾凉季) 分别对上述3种类型样地进行取样调查。调查期间旱稻地为第2年种植期, 样地中除旱稻外无其它植物(仅见一些遗留树桩); 火烧迹地为第2年撂荒期, 样地内已长出较多的草本植物, 并且刀耕火种时遗留的树桩也萌发出一些树枝, 样地地表已完全被植物覆盖, 群落高度约2.5m, 优势树种有杯斗栲(*Castanopsis calathifomis*)、银木荷(*Schin a argentea*)、岗桉(*Eurya groffii*)、滇银柴(*Aporusa yunnanensis*)、中平树(*M acaranga denticulata*)、草本层以马唐(*D igitaria ciliaris*)、棕叶芦(*Thysanolaena max ima*)、斑茅(*S accharum arund inaceum*) 为主。

取样采用2种方法进行, 土壤层取样为: 在上述样地, 按15m × 15m 划出一取样地块, 每取样地块按对角线法设5个取样点, 每点分3个土壤层(A 层0~ 5cm; B 层5~ 10cm; C 层10~ 15cm) 分别取样, 0~ 15 cm 土层取样面积为392.70cm²; 地表层取样为: 在样地地表取凋落物及腐殖质样, 取样面积为50cm × 50cm; 2种方法所取样品先用手检法检出大型土壤节肢动物, 然后用干漏斗(Tullgren 法) 分离提取中小型土壤节肢动物。标本取回后进行分类整理和数据统计。由于土壤动物分类难度较大, 本文仍根据土壤动物高级分类群进行群落组成分析^[11]。采用密度-类群指数来进行群落多样性的比较, 其公式为: $DG = \sum (D_i / D_{max}) (G / G_T)$, 其中DG 为密度-类群指数, D_i 为第类群的密度; D_{max} 为各群落中第类群的最大密度; G 为某群落中的类群数; G_T 为各群落所包含的总类群数, 每个类群在各群落中的最大相对密度为1^[12]。

2 结果与分析

2.1 不同样地土壤节肢动物群落组成特征

3块样地, 不同月份5次取样, 共获取土壤节肢动物6011个, 对3块样地土壤节肢动物各生物类群个体数在该群落所占有的数量比例进行统计分析, 结果显示于表1。

表1 3块样地土壤节肢动物群落类群和数量组成

Table 1 The composition of groups and individuals of soil arthropod communities in three plots

		次生林 Tsf			旱稻地 Drl			火烧迹地 Fl		
		个体均数	占本样总数%	频次	个体均数	占本样总数%	频次	个体均数	占本样总数%	频次
		N	PT	FY	N	PT	FY	N	PT	FY
弹尾目	Collembola	60.200	12.695	5.000	37.800	11.659	5.000	34.200	13.266	5.000
双尾目	Diplura	5.000	1.054	4.000	1.333	0.411	3.000	1.500	0.582	4.000
原尾目	Protura	3.400	0.717	5.000	18.500	5.706	4.000	6.750	2.618	4.000
缨尾目	Thysanura			0.000				4.000	1.552	1.000
直翅目	Orthoptera	1.000	0.211	2.000				3.000	1.164	2.000
啮目	Psocoptera	2.250	0.474	4.000	3.000	0.925	1.000	2.000	0.776	1.000
同翅目	Homoptera	35.000	7.381	5.000	6.500	2.005	2.000	3.500	1.358	4.000
蜚蠊目	Blattodea	3.500	0.738	2.000			0.000			0.000
缨尾目	Thysanoptera	12.200	2.573	5.000			0.000	3.000	1.164	2.000
鞘翅目	Coleoptera	23.400	4.935	5.000	18.600	5.737	5.000	20.400	7.913	5.000
双翅目	Diptera	8.600	1.814	5.000	6.400	1.974	5.000	3.600	1.396	5.000
半翅目	Hemiptera	3.800	0.801	5.000	7.667	2.365	3.000	2.250	0.873	4.000
等翅目	Isoptera			0.000	7.333	0.262	3.000	13.500	5.237	2.000
鳞翅目	Lepidoptera	3.667	0.773	3.000	1.000	0.308	1.000	1.000	0.388	1.000
蚁类	Ants	90.400	19.064	5.000	138.400	42.690	5.000	76.200	29.558	5.000
其它	Other									
膜翅目	Hymenoptera	1.500	0.316	2.000	17.000	5.244	1.000	1.000	0.388	1.000
园马陆目	Sphaerotheriida	3.333	0.703	3.000	1.000	0.308	1.000			0.000
蜘蛛目	Araneae	1.400	0.295	5.000	1.500	0.463	2.000	1.000	0.388	2.000
蜱螨目	Acar	215.600	45.466	5.000	88.800	27.390	5.000	101.600	39.410	5.000
拟蝎目	Pseudoscorpiones	5.400	1.139	5.000			0.000			0.000
地蜈蚣目	Geophilomopha	1.000	0.211	2.000			0.000	1.000	0.388	1.000
结合目	Symphya	2.000	0.422	2.000	2.000	0.617	4.000	1.500	0.582	2.000
端足目	Amphipoda	2.000	0.422	1.000			0.000			0.000
总计	Total	474.200	100.000		324.200	100.000		257.800	100.000	

N: individuals, PT: % of total individuals in the plot , FY: frequency



根据3块样地所获土壤节肢动物各生物类群个体数、在该群落所占总数的比例和出现频次看,次生林和火烧迹地土壤节肢动物群落优势类群组成及排序为蜱螨目>膜翅目>弹尾目,旱稻地为膜翅目>蜱螨目>弹尾目;各样地常见类群的组成数差异不大,而在组成的生物类群和占群落总体数量的比例上呈现出一些差异,次生林常见类群为同翅目、鞘翅目、缨翅目、双翅目、双尾目和拟蝎目,6类占群落个体总数的18.896%;旱稻地为原尾目、鞘翅目、双翅目、半翅目、等翅目,5类占20.049%;火烧迹地常见类群组成为8类,占总数比例22.402%,主要为鞘翅目、原尾目、同翅目、双翅目、半翅目等。不同季节因水分、温度等环境因子的变化,不同生境类型3块样地土壤节肢动物群落的组成具有明显的变化差异,体现在各组成成分的生物类群组成数和各类群占该时期群落个体总数比例不同,如蜱螨目和膜翅目蚂蚁在3块地各季节均为优势类群,而弹尾目仅在一部分时间占有较高的数量比,大部分时间为常见类群,此外,旱稻地的原尾目、次生林中同翅目在雾凉季12月占有的数量比增加成为这一时期优势类群。

2.2 不同样地土壤节肢动物群落分布特征

5次取样土壤节肢动物群落类群数和个体数在3块样地分布状况如图1所示。

土壤节肢动物群落个体数在总体水平和凋落物层样本上表现为次生林>旱稻地>火烧迹地,但土壤层样本呈现为次生林>火烧迹地>旱稻地;类群数分布均表现为次生林>火烧迹地>旱稻地,其中土壤层样本的分布差异小于凋落物层。旱稻地土壤节肢动物类群数分布较低,但个体数的分布高于火烧迹地,这与农事活动有密切关系。3块样地凋落物层的土壤节肢动物群落的类群数、个体数的分布差异较土壤层高,说明处于同一大环境背景下的3块样地土壤层生境相对稳定,土壤节肢动物变化差异不大。

2.3 重要类群在不同样地的分布差异

就土壤节肢动物群落优势和主要常见类群在3块样地的数量分布进行分析表明(表2),次生林经砍伐和火烧干扰后,不同生物类群土壤节肢动物在后期不同处理的2种类型生境中(旱稻地和火烧迹地)的恢复

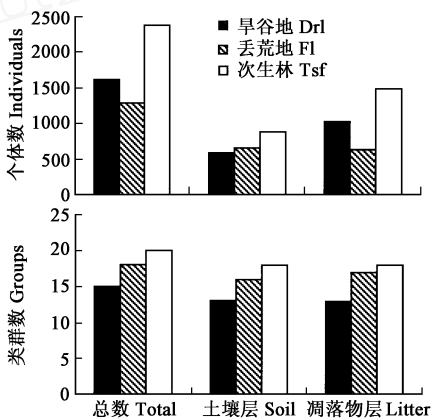


图1 3块样土壤节肢动物类群数和个体数分布比较
Fig 1 Comparison on individuals and groups of soil arthropod communities in three plots

表2 3块样地土壤节肢动物群落优势和主要常见类群数量分布差异(ind/m²)

Table 2 The distribution on individuals of dominant and main familiar groups of soil arthropod communities in three habitats

	土壤层 Soil			凋落物层 Litter		
	次生林 Tsf	旱稻地 Drl	火烧迹地 Fl	次生林 Tsf	旱稻地 Drl	火烧迹地 Fl
弹尾目 Collembola	606 061	152 788	336 134	145 600	127 200	86 400
双尾目 Dip lura	91 673	20 372	25 465	1 600	0 000	0 800
原尾目 Pro tura	25 465	336 134	106 952	9 600	6 400	4 800
同翅目 Homoptera	656 990	0 000	66 208	36 800	10 400	0 800
鞘翅目 Coleoptera	168 067	208 811	244 461	67 200	41 600	52 800
双翅目 Dip tera	76 394	56 022	10 186	22 400	16 800	12 800
半翅目 Hem ip tera	15 279	5 093	15 279	12 800	17 600	7 200
膜翅目 Hym ennop tera	840 336	1538 07	1100 076	229 600	312 000	148 800
蜘蛛目 A raneae	20 372	5 093	5 093	2 400	1 600	0 800
蜱螨目 A cari	1925 134	473 644	1247 772	560 000	280 800	217 600

状况不同,在凋落物层上,除旱稻地膜翅目等数量分布最高外,其它类群数量分布均以次生林较高;在土壤

层上, 一些类群的数量在后期2种生境的分布呈现较大幅度的增长, 如鞘翅目、膜翅目、原尾目, 其个体数量分布比次生林土壤层高, 表明次生林在刀耕火种干扰后, 这些土壤节肢动物在后期恢复过程中, 由于样地地表层生境条件发生较大变化, 其种群数量的增长表现出土壤层增幅高于地表凋落物层。已有研究表明, 在相对高的分类阶元(目), 昆虫群落不同生境样地的数量分布差异不显著, 但如果分析相对低的分类阶元, 如科、属或种时, 环境对特定昆虫的数量分布会产生显著影响^[13], 在土壤节肢动物群落的研究上也体现出类似的情况, 在所采集的标本中, 蜚蠊目、膜翅目(蚂蚁)、弹尾目是数量最丰富的类群, 在所有3种环境中都占有很大的数量比例, 分布比较稳定, 这3个目所包含的属种无疑是讨论环境土壤节肢动物分布差异影响的理想代表, 但由于目前分类难度较大, 其属、种对生境差异的反应还有待于进一步分析。

2 4 不同样地土壤节肢动物群落多样性比较

2 4 1 多样性指数 采用 DG 指数对3种类型生境土壤节肢动物群落多样性进行比较, 结果表现为次生林> 火烧迹地> 旱稻地。对于分布在土壤层和凋落物层土壤节肢动物群落多样性分别而言, 土壤层表现为次生林> 火烧迹地> 旱稻地, 凋落物层则表现为次生林> 旱稻地> 火烧迹地, 其中次生林与旱稻地和火烧迹地的差异大, 旱稻地与火烧迹地较为接近。

2 4 2 相似性指数 采用 Jaccard (D_j) 和 Sorenson (D_s) 相似性系数^[14]对3种生境土壤节肢动物群落相似性进行分析, 见表4。

表6显示出以5次取样得出的3种生境土壤节肢动物群落组成的相似性状况, 旱稻地与火烧迹地土壤节肢动物群落相似性最高, 达到极相似水平(D_j 、 $D_s > 0.9$), 次生林与火烧迹地、旱稻地略低, 但都达到中等相似水平(D_j 、 $D_s > 0.7$); 对于不同的取样季节, 各林地土壤节肢动物群落间的相似性指数呈现一定差异。由此反映, 旱稻地土壤节肢动物群落的发展与火烧后直接撂荒地相同, 并且2种土壤节肢动物群落通过两年的发展, 群落结构与火烧前次生林有较好的相似性。

2. 5 不同样地土壤节肢动物群落季节分布变化

3块样地土壤节肢动物群落个体总数及重要类群(蜚蠊目、膜翅目、弹尾目和鞘翅目)种群数量的季节消长显示于图3。结果显示, 次生林土壤节肢动物群落个体总数及4个重要类群种群数量的季节消长一致, 在4月份、6月份和10月份处于同一较高的数量水平, 8月份显著降低, 12月份较10月份又有所减少, 整个变化曲线为V字型, 在不同类群种群数量变化上, 蜚蠊目、膜翅目蚂蚁的变化幅度大于另外2个类群; 火烧迹地动物数量的季节变化曲线表现为L型, 高峰值出现在4月份, 进入雨季后逐步下降, 在8月份和10月份处于最低水平, 以后在保持相对稳定变化的趋势下缓慢增加, 群落总量的变化与该群落中蜚蠊目种群数量消长相似, 而与弹尾目和膜翅目蚂蚁的数量变化有一定差异, 弹尾目从4月份至6月份有一小幅增长, 以后逐渐下降, 膜翅目蚂蚁从4月份开始保持逐步增长的变化趋势, 鞘翅目数量无较大的季节波动; 旱稻地土壤节肢动物群落中蚂蚁类群占有的数量比例极高(43%以上), 整个群落个体总数的季节波动受蚂蚁种群数量变化的影响甚大, 均从4月份到6月份呈现下降的趋势, 但6月份后, 出现较大幅度的增长, 在10月份达到最高值, 以后又迅速下降至较低水平, 另外3个类群的数量波动与此差异较大, 但各类群(鞘翅目除外)从8月份后均出现较大的增长, 虽然蜚蠊目在6月份的数量水平较高, 但因膜翅目蚂蚁数量的减少和其它2个类群数量处于较低水平, 导致群落总数在6月份呈递减趋势。由此可见, 不同生态习性的土壤节肢动物类群对环境因子变化的敏感性不同, 构成土壤节肢动物群落数量主体的重

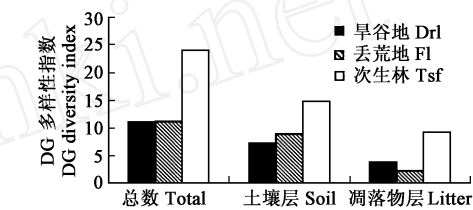


图2 3块样地土壤节肢动物群落多样性比较
Fig 2 The comparison of DG diversity index of soil arthropod communities in three plots

表4 3块样地土壤节肢动物群落的相似性系数
Table 4 Similarity coefficient of soil arthropod communities in three plots

	次生林 TsF	旱稻地 Drl	火烧迹地 Fl
次生林 TsF	1	0.78	0.83
旱稻地 Drl	0.88	1	0.95
火烧迹地 Fl	0.90	0.97	1

右上角为 D_j 左下角为 D_s Top right corner : D_j
Down left corner : D_s

要类群的种群数量变动直接关系到整个群落数量变化趋势。

3块样地土壤节肢动物群落类群数的季节变化如图4所示。

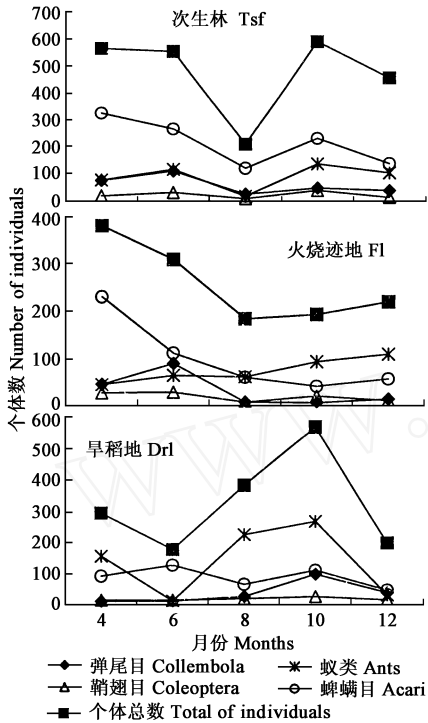


图3 3块样地土壤节肢动物优势类群及群落个体数季节变化

Fig. 3 Seasonal variation of individuals (total and dominants) of soil arthropod communities in three plots

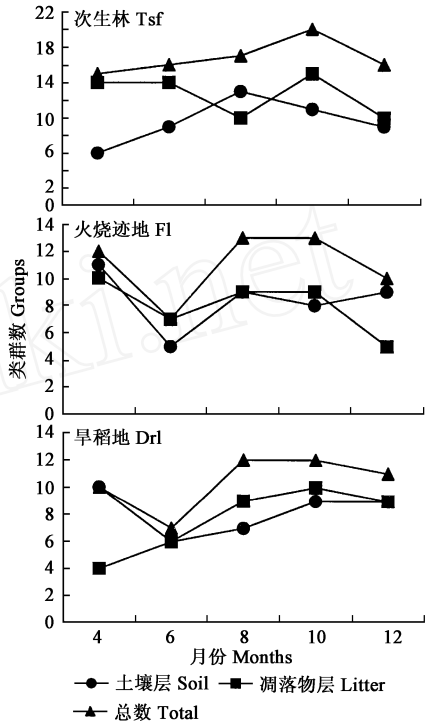


图4 3块样地土壤节肢动物群落类群数的季节变化

Fig. 4 Seasonal variation of groups of soil arthropods three communities in three plots

次生林土壤节肢动物类群数由4月份开始逐步增加,在10月份达到最高类群数后开始呈下降趋势,其中土壤层动物类群数的变化与凋落物层在10月份以前呈相反趋势,10月份后均降低;旱稻地和火烧迹地类群数的变化相似,从4月份至6月份表现为迅速减少,在6月份达最低值后开始迅速增加,至8月份达到最多类群数并保持较高的数量水平至10月份,以后才缓慢下降,2样地土壤层和凋落物层类群数的变化趋势与总体相似,仅在个别月份上有差异,如旱稻地凋落物层土壤节肢动物类群从4月至10月份均表现为增加,而火烧迹地土壤层类群数从10月份至12月份呈现为增长。

群落的多样性指数是丰富度和均匀性二者的函数,是表征组成群落的种类数(丰度)和种类数量分布(均衡性)的群落特征,3块样地土壤节肢动物群落DG多样性指数的季节变化取决于类群数和个体数2个方面,结果显示于图5。

次生林土壤节肢动物群落DG多样性指数季节变化曲线在4月份、10月份处于曲线变化的高值,8月份和12月份为曲线的低谷,其中8月份为最低,10月份达到最高值,就样地土壤层和凋落物层土壤节肢动物群落变化看,凋落物层的变化趋势与总数相似,而土壤层变化与之相反且平缓。火烧迹地土壤节肢动物群落多样性指数曲线呈先减后增的V字型变化,4月份为最高值,12月份次之,6月份处于最低值,旱稻地群落的变化曲线与次生林相近,4月份和10月份表现较高,6月份和8月份处于低值,2样地土壤层群落多样性变化趋势与总数相同,但在凋落物层上,火烧迹地变化平缓并与总数相反,而旱稻地凋落物层群落多样性在4月处于最低值,以后逐步增长且变化趋势与总数相同。

3 小结与讨论

3.1 旱稻种植系统是西双版纳地区刀耕火种轮歇农业生产方式中的一种子耕种系统, 通常将森林砍伐、烧荒后进行点播种植, 在持续种植2~3a后弃耕丢荒, 让耕地植被自然恢复成次生林。旱稻地和火烧迹地土壤节肢动物群落是次生林土壤节肢动物群落在砍伐、火烧干扰破坏后逐步发展起来的, 其群落发展的种库^[15]是火烧后残留和周围林地的土壤节肢动物类群, 它们通过垂直和水平迁移在刀耕火种后的林地中逐步发展, 在发展过程中受到林地植被构成和外界环境因子变化的影响, 并且旱稻地土壤节肢动物群落的发展变化还要受耕种过程中人为活动的干扰, 这是它与火烧后直接撂荒演替生境不同之处, 但这种生境维持时间不长, 2~3a后耕地被弃耕, 其土壤节肢动物群落随森林的次生演替进一步发展和变化。因此, 它作为一种特殊的短期农作物生境, 其中的土壤节肢动物群落的组成和结构特征不仅对作物种植期间土壤理化性质变化具有重要的影响, 其群落结构和多样性的动态变化也将为弃耕后土壤节肢动物群落的发展和次生演替提供了必要的基础和移居者。

3.2 对3块样地土壤节肢动物群落的类群组成、数量结构、多样性状况和空间分布特点的分析表明: 种植2a的旱稻地土壤节肢动物群落在类群组成上与刀耕火种前次生林和火烧后直接弃荒地基本相同, 仅在不同类群个体数量的构成上形成一定差异, 如旱稻地中膜翅目蚂蚁占据了极高的数量比例, 次生林和火烧迹地群落中则以蜱螨目占有的数量比例较高, 另外不同生物类群在不同样地生境中数量波动和出现频次也存有不同; 在群落的分布特征上, 旱稻地土壤节肢动物群落类群数在3块样地中最低, 个体数在总体水平上少于次生林, 略高于火烧迹地(人为活动所至), 但一些主要类群在不同生境样地的分布呈现出环境差异的影响; 多样性结果表明, 次生林土壤节肢动物群落DG多样性指数明显高于旱稻和丢荒地, 而旱稻和丢荒地总体上无较大差异, 但在土壤层和凋落物层略显不同。群落相似性指数显示旱稻与丢荒地最高, 但它们与次生林也达到中等相似水平。由此说明, 次生林土壤节肢动物群落在刀耕火种过程中受到较大的破坏, 群落在火烧后一段时间处于瓦解状态, 但由于土壤节肢动物在土层间做垂直迁移活动, 土壤层在一定程度上减轻了砍伐、火烧对它们的破坏作用, 维持了某些类群的种群数量及群落多样性^[16], 加上周围林地土壤节肢动物的存在, 它们在火烧迹地和旱稻地土壤节肢动物群落恢复过程中可迁入该系统, 2种土壤节肢动物群落在第2年已得到一定程度的恢复。

3.3 结合该地区年气温和降雨量情况(图6)进行分析, 3种不同类型生境土壤节肢动物群落在类群数和个体数的变化上形成了明显与当地降雨量和气温、生境条件及人为活动干扰等密切相关的、各自的季节消长特点。次生林植被以乔木树种为主, 覆盖度高, 降雨因林冠层的阻挡对林地土壤的直接冲刷作用减弱, 其土壤节肢动物个体数仅在降雨量较大的雨季中期, 由于林地土壤含水量趋于饱和而呈现明显减少, 在干热季和雨量较低的雨季初、末期, 降雨仅使林地土壤湿润, 从而促进某些类群土壤节肢动物的繁殖, 个体数均较高; 类群数则从干热季一直表现为增加, 直至温度降低的雾凉季开始减少; 火烧迹地由于无乔木树种, 植被主要为草本植物, 这对降雨的阻挡作用降低, 样地地表受雨水冲刷的影响较大, 在雨季初期土壤节肢动物类群数和个体数开始减少, 个体数在较长时期维持较低水平状态, 在雨量减少的雾凉季才有所回升, 但类群数在雨量最高的时期突增, 是何原因尚需进一步分析。旱稻耕种系统土壤节肢动物类群数的季节变化与

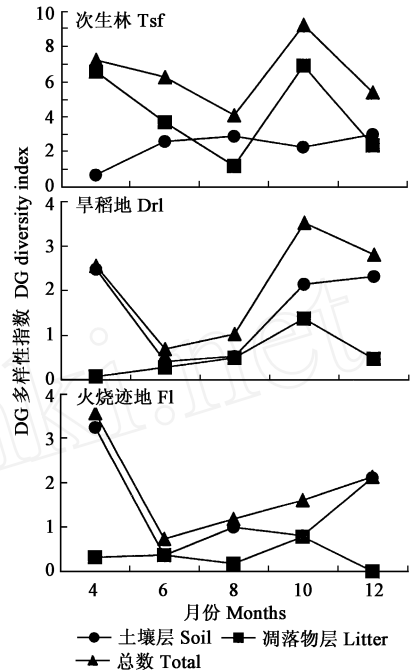


图5 3块样地土壤节肢动物群落DG多样性指数季节变化

Fig 5 Seasonal variation of DG diversity index of soil arthropod communities in three plots

火烧迹地相似,而个体数则表现出与次生林和火烧迹地较大的差异,除受降雨和温度的影响外,周期性的种植(点播)、出草和收割等农事活动对其产生了影响,如9月旱稻收割时期,由于谷粒散落在样地地表,可能导致样地中主要优势类群蚂蚁种群数量及土壤节肢动物总数的增长。各群落多样性指数的季节变化总体上有相同之处,均表现出雨季低于干季的特点,而差异体现在各样地土壤节肢动物群落多样性指数出现最高值、最低值的时间以及各样地土壤层和凋落物层群落多样性的变化上。由此看出,森林土壤节肢动物群落的变化主要受林地降水量和温度变化的影响,其中降雨和土壤含水量的变异很大,是导致土壤节肢动物群落季节变化的重要限定因素,同时也是最容易改变的因子^[17],这与其他研究发现热带地区干湿季节土壤水势的季节变化成为影响土壤动物种群消长(季节及年度)的主要因素相一致,而这种变化对调控森林土壤养分有着极为重要的作用,如Raghubanshi认为,随雨季的到来,由于土壤含水量的增加,土壤无脊椎动物种群数量会出现爆炸式增长,从而影响土壤生物养分的脉冲式释放^[18]。西双版纳热带雨林地区由于年降雨量的不均匀分配(明显的干雨季)以及人为干扰作用,干湿季交替对不同演替阶段热带森林生态系统的土壤水分影响不尽一致,如林冠对降水截获、不同植被对土壤水分蒸发的影响、季节降水量变化等势必造成林地间土壤水势的差异,从而对演替进程中土壤动物种群的消长产生不同程度的影响,并且旱稻耕种系统土壤节肢动物群落的变化不仅受气候因子的影响,人为干扰的影响作用不可忽视。

综上所述,本实验条件下,刀耕火种后旱稻地土壤节肢动物在恢复过程中,其群落的组成和数量结构及多样性状况与同期火烧后的直接丢荒地相似,但因植被改变、农事活动等对直接撂荒地和旱稻地土壤节肢动物群落的变化产生不同程度的影响。表明由于旱稻耕种方式粗放、种植时间短,在一定程度上对土壤节肢动物群落的重建和恢复无破坏性的影响,但前提是刀耕火种旱稻耕地的面积要有所限制并在坡度较小的地方进行,并且耕种地周围需有一定面积且保护较好的次生林,一方面为旱稻种植地土壤节肢动物群落的重建提供种库,另一方面减少雨季期较大降雨对旱稻地土壤的冲刷程度,有助于旱稻地及丢荒后土壤节肢动物群落的演替发展。关于不同旱稻地耕种面积、立地条件和种植周期对土壤节肢动物群落恢复产生的影响,土壤节肢动物群落在弃耕后的演替状况以及对土壤养分和其它主要元素的影响效应需进一步深入研究探讨。

References

- [1] Zhang J H and Cao M. Tropical forest vegetation of Xishuangbanna, SW China and its secondary changes with special reference to some problems in local nature conservation. *Biol Conser.*, 1995, 73: 229
- [2] Yin W Y, et al eds. *Soil Animal of China*. Beijing: Science Press, 2000. 1 ~ 198
- [3] Anderson J M. Spatio-temporal effects of invertebrates on soil processes. *Biol Fertil Soils*, 1988, 6: 216 ~ 227.
- [4] Reichle D E. The role of soil invertebrates in nutrient cycling. In: Lohm U and Press T. ed. *Soil organisms as components of ecosystems*. *Ecol Bull* (Stockholm), 1977, 25: 145 ~ 156
- [5] Anderson M. Invertebrate-mediated transport process in soils. *Agric Ecosyst Environ*, 1988, 24: 5~ 19
- [6] Teuben A. Nutrient availability and interaction between soil arthropods and microorganisms during decomposition of coniferous litter: a mesocosm study. *Biol Fertil Soils*, 1991, 10: 256 ~ 266
- [7] Lal R. Effects of Macrofauna of Soil Properties in Tropical Ecosystem. *Agric Ecosyst Environ*, 1988, 24: 101 ~ 116
- [8] Anderson J M. Succession, diversity and trophic relationships of some soil animals in decomposing leaf litter. *J.*

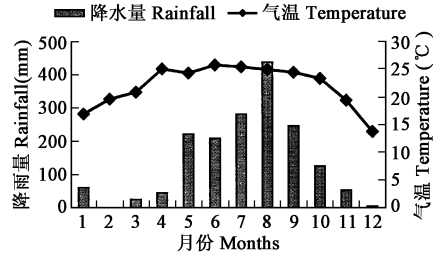


图6 观测期间各月份的主要气候指标(月平均温和月平均降雨量)

Fig 6 Monthly variation of average air temperature and rainfall

- Ani Ecol* , 1975, **44**: 475 ~ 495
- [9] Hendrix S D. Arthropod guild structure during early old field succession in a new and old world site *J. Ani Ecol* , 1988 , **57**: 1053 ~ 1065
- [10] Liao C H, Chen M Q. Secondary succession of soil animal community in tropical artificial forest *Chin. J. Appl Ecol* , 1990, **1**(1): 53~ 59
- [11] Yin W Y, *et al* eds *Chinese Sub-tropical Soil Animal* Beijing: Science Press, 1992
- [12] Liao C H, Li J X, Huang H T. Soil animal community diversity in the forest of the southern subtropical region, China *Acta Ecol Sin* , 1997, **17** (5): 549 ~ 555
- [13] Zhou H Z, Yu X D, Luo T H, *et al* Insect abundance and environmental effects in Shennongjia Natural Reserve, Hubei Province *Chin. Biodiver.* , 2000, **8**(3): 262 ~ 270
- [14] Ding Y Q. *Mathematics ecology of insect* Beijing: Science Press, 1994 442 ~ 456
- [15] Zhang W Q, Gu D X, Zhang G R. The reestablishment of the arthropod community in short - term crop field: I Concept and characteristics of the community reestablishment *Acta Ecologica Sinica*, 2000, **20**(6): 1107~ 1112
- [16] Yang X D, Tang Y, Tang J W. Change in structure and diversity of soil arthropod communities after slash - and - burn of secondary forest in Xishuangbanna, Yunnan Province *Chin. Biodiver.* , 2001, **9**(3): 222~ 227.
- [17] Liao C H, Li J X. The community structure of soil animal in the tropics and subtropics of China In: Yin W Y, *et al* eds *Soil Animal of China* Beijing: Science Press, 2000 77 ~ 99
- [18] Raghubansi A S, Srivastava S C, Singh R S. Nutrient release in leaf litter *Nature*, 1990, **346**: 227

参考文献:

- [2] 尹文英, 等主编 中国土壤动物 北京: 科学出版社, 2002
- [10] 廖崇惠, 陈茂乾 热带人工林土壤动物群落的次生演替和发展过程探讨 应用生态学报, 1990, **1**(1): 53~ 59
- [12] 廖崇惠, 李健雄, 黄海涛 南亚热带森林土壤动物群落多样性研究 生态学报, 1997, **17**(5): 549~ 555
- [13] 周红章, 于晓东, 罗天宏, 等 湖北神农架自然保护区昆虫群落数量变化与环境关系的初步研究 生物多样性, 2000, **8**(3): 262~ 270
- [14] 丁岩钦 昆虫数学生态学 北京: 科学出版社, 1994 442~ 456
- [15] 张文庆, 古德祥, 张古忍 论短期农作物生境中节肢动物群落的重建 I. 群落重建的概念及特性 生态学报, 2000, **20**(6): 1107~ 1112
- [16] 杨效东, 唐勇, 唐建维 热带次生林刀耕火种过程中土壤节肢动物群落结构及多样性的变化 生物多样性, 2001, **9**(3): 222~ 227.
- [17] 廖崇惠, 李健雄 华南热带和南亚热带森林土壤动物的群落结构 见: 尹文英, 等主编 中国土壤动物 北京: 科学出版社, 2002 77~ 99